

⑤

Int. Cl. 2:

H 03 K 13/32

H 03 K 13/20

⑩ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 26 26 899 C 3

⑪

Patentschrift 26 26 899

⑫

Aktenzeichen: P 26 26 899.5-31

⑬

Anmeldetag: 16. 6. 76

⑭

Offenlegungstag: 22. 12. 77

⑮

Bekanntmachungstag: 19. 10. 78

⑯

Ausgabetag: 13. 6. 79

Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

⑰

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

⑳

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Genauigkeitsüberprüfung eines Analog-Digitalwandlers

㉑

Patentiert für: Bizerba-Werke Wilhelm Kraut KG, 7460 Balingen;
Datron-Electronic Pichl & Schulte KG, 6100 Darmstadt

㉒

Erfinder: Becker, Manfred, 6301 Rabenau

㉓

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS 21 64 227

DE-OS 21 08 329

Elektronik, 1968, H. 2, S. 37-40

Elektronik, 1968, H. 4, S. 117-120

DE 26 26 899 C 3

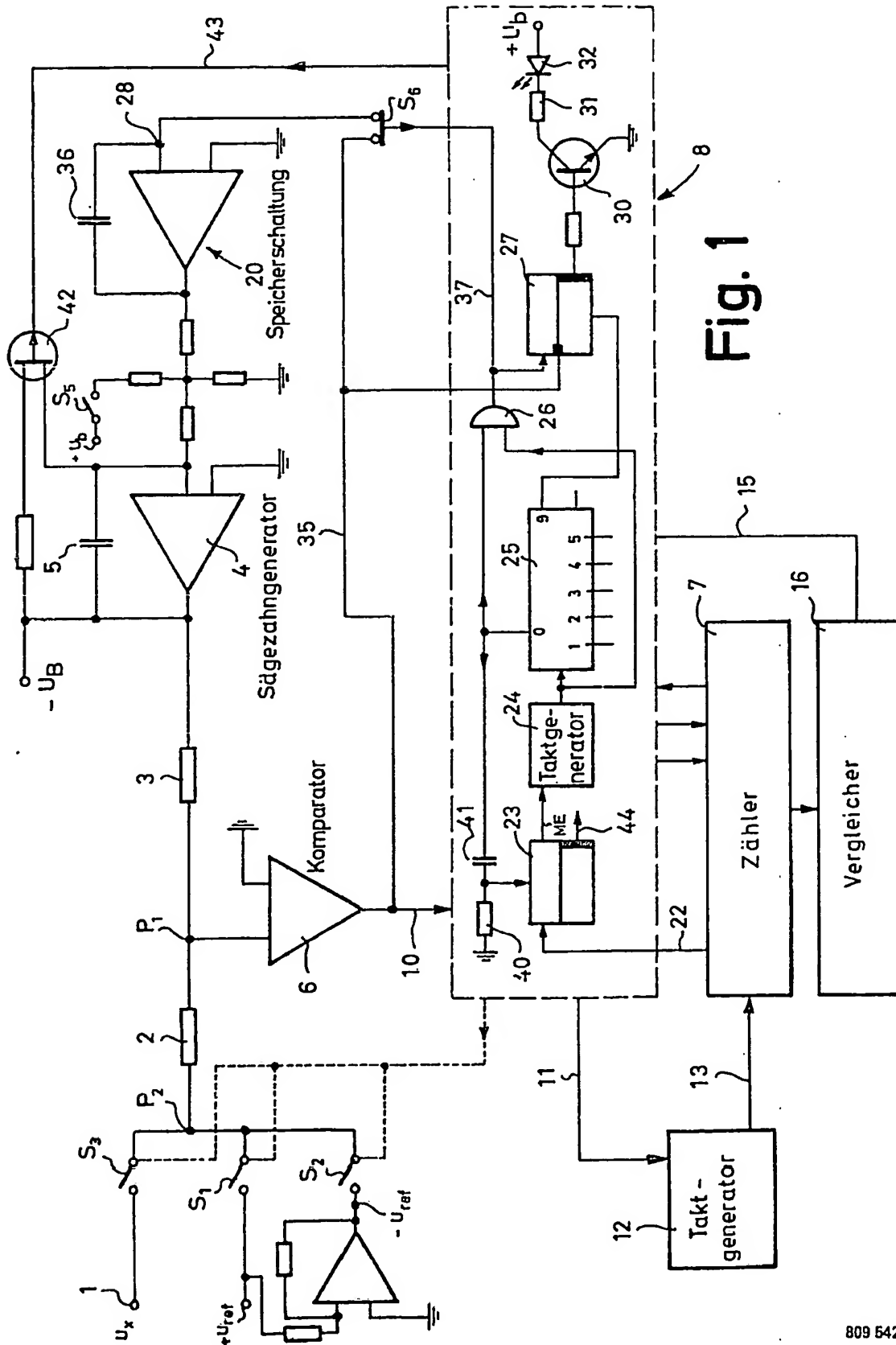


Fig. 1

Patentansprüche:

1. Verfahren zur wiederholten Nacheichung und Genauigkeitsüberprüfung eines Analog-Digitalwandlers, mit einem eine linear ansteigende, in ihrer Steilheit veränderbare Sägezahnspannung erzeugenden Sägezahngenerator, einem von einem Oszillator stammende Taktimpulse zählenden Zähler, einer bei Übereinstimmung einer Eingangsmeßspannung mit der Sägezahnspannung durch Signalgabe die Auswertung des Zählerinhaltes ermöglichenden Vergleichsschaltung und mit mindestens einer Referenzspannungsquelle, die am Ende der Meßphase mit der Sägezahnspannung verglichen wird, dadurch gekennzeichnet, daß man der nach Ende der Meßphase weiter ansteigenden Sägezahnspannung die Referenzspannung entgegenschaltet, daß ein Regelimpuls vorgegebener Dauer erzeugt und daß festgestellt wird, ob die Übereinstimmung der Referenzspannung mit der Sägezahnspannung zeitlich innerhalb der Regelimpulsdauer liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die sich zum Zeitpunkt der Identität von Sägezahnspannung und Referenzspannung sprunghaft ändernde Ausgangsspannung der Vergleicherschaltung einer integrierenden, das Eingangsspannungspotential für den Sägezahngenerator liefernden Speicherschaltung zugeführt wird.

3. Analog-Digitalwandler mit einem eine linear ansteigende in ihrer Steilheit veränderbare Sägezahnspannung erzeugenden Sägezahngenerator, einem von einem Oszillator stammende Taktimpulse zählenden Zähler, einer bei Übereinstimmung einer Eingangsmeßspannung mit der Sägezahnspannung durch Signalgabe die Auswertung des Zählerinhaltes ermöglichenden Vergleichsschaltung und mit mindestens einer Referenzspannungsquelle, die am Ende der Meßphase mit der Sägezahnspannung vergleichbar ist, zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine vom Ablauf des Zählers (7) gesteuerte Schaltungsanordnung (24, 25, 26) vorgesehen ist, die nach Ablauf der Meßphase einen Regelimpuls (22) vorgegebener Dauer erzeugt und daß eine diesen Regelimpuls und den bei Identität zwischen weiter ansteigender Sägezahnspannung und entgegengeschalteter Referenzspannung entstehenden Vergleicherausgangsimpuls empfangende Überwachungsschaltung (27) vorgesehen ist, die auswertbare Toleranzüberschreitungen anzeigt.

4. Wandler nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Sägezahngenerator (4) zugeordnete Speicherschaltung (20) als Integrator ausgebildet und während der Dauer des Regelimpulses (22) über einen Schalter (S6) mit dem Ausgang der Vergleichsschaltung (Komparator 6) verbunden ist.

5. Wandler nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein entschlüsselter Dekadenzähler (25) vorgesehen ist zur Erzeugung von die erforderlichen Schaltungsabläufe bestimmenden Zeitintervallen, dem eine bistabile Kippschaltung (27) nachgeschaltet ist, der einerseits der Regelimpuls (22) und andererseits das Ausgangssignal des Komparators (6) zugeführt ist und die ihren Schaltungszustand nur dann ändert, wenn das Komparatorausgangssignal zeitlich innerhalb der

Dauer des Regelimpulses (22) liegt.

6. Wandler nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein vom Zähler (7) angestoßenes Flipflop (23) vorgesehen ist, welches einen das Ende der Meßphase anzeigenden Impuls (ME) erzeugt, der einem nachgeschalteten Taktgenerator (24) zuführbar ist der seinerseits den entschlüsselten Dekadenzähler (25) zyklisch durch Zuführung von Zählimpulsen weiterschaltet.

7. Wandler nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß durch Verknüpfung der dem Dekadenzähler (25) zugeführten Zählimpulse mit einem seiner Ausgangsimpulse über ein UND-Gatter (26) der Regelimpuls erzeugt ist, der gleichzeitig dem als Feldeffekttransistor ausgebildeten Schalter (S6) zugeführt ist, der den Ausgang des Komparators (6) mit dem Eingang der integrierenden Speicherschaltung (20) verbindet.

8. Wandler nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß nach Ende der Meßphase und der dem Vergleich der weiteransteigenden Sägezahnspannung mit der Referenzspannung dienenden Eichphasenteilzeit der Speicherkondensator (5) des Sägezahngenerators (4) über einen vom Steuerwerk (8) beaufschlagten Halbleiterschalter (Feldeffekttransistor 42) entladen wird.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur wiederholten Nacheichung und Genauigkeitsüberprüfung eines Analog-Digitalwandlers, mit einem eine linear ansteigende, in ihrer Steilheit veränderbare Sägezahnspannung erzeugenden Sägezahngenerator, einem von einem Oszillator stammende Taktimpulse zählenden Zähler, einer bei Übereinstimmung einer Eingangsmeßspannung mit der Sägezahnspannung durch Signalgabe die Auswertung des Zählerinhaltes ermöglichenden Vergleichsschaltung und mit mindestens einer Referenzspannungsquelle, die am Ende der Meßphase mit der Sägezahnspannung verglichen wird.

Analog-Digitalwandler sind allgemein bekannt und sind beispielsweise in ihrem grundlegenden Aufbau beschrieben in dem Aufsatz »Die Grundlage digitaler Spannungsmesser« von Manfred Klose, veröffentlicht in der Zeitschrift »Elektronik«, Jahrgang 1968, Heft 2 und Heft 4, auf den Seiten 37—40 und 117—120. Danach erfolgt die Analog-Digitalwandlung in der Weise, daß die Meßspannung mit einer linearen oder treppenförmig ansteigenden Referenzspannung verglichen und bei Meßbeginn ein digitale Impulse zählendes Element, etwa ein elektronischer Zähler, angeworfen wird, der bei Gleichheit von Meßspannung mit der sich ändernden Referenzspannung ausgelesen wird, wobei üblicherweise eine Vergleichs- oder Komparatorschaltung vorgesehen ist. Durch die Erfassung der bis zur Spannungsgleichheit eingelaufenen Zählimpulse gewinnt man ein digitales Maß für den zu messenden analogen Spannungswert der unbekannten Eingangsspannung. Nachteilig ist jedoch bei diesen grundlegenden Verfahren, daß sowohl Ungenauigkeiten in der Erzeugung von linear ansteigenden Referenzspannungen, d. h. in deren Steilheit, als auch Frequenzänderungen des Oszillators als Meßfehler in die Messung eingehen. Es ist daher erforderlich, die Frequenz des

Oszillatoren auf die erzeugte Sägezahnspannung oder Referenzspannung zu beziehen und zu synchronisieren, damit überhaupt ein auswertbares Meßergebnis erzielt werden kann, denn durch die den einzelnen Baukomponenten innewohnenden Fehler, beispielsweise das Driftverhalten von Verstärkern und Vergleichsschaltung kommen Fehler vor, denen durch entsprechende Nacheichung begegnet werden muß.

Aus der DE-OS 21 08 329 ist ein Analog-Digitalwandler bekannt, bei dem die Sägezahnspannung zu vorgegebenen Zeitpunkten mit Referenzsignalen entgegengesetzter Polarität verglichen und ein Rückführschaltkreis vorgesehen ist, der auf den Oszillator arbeitet und diesen in seiner Frequenz so verstellt, daß Sägezahnspannung und Oszillatorfrequenz aneinander angeglichen werden bzw. daß die Impulszahl in einem Referenzzeitintervall bei einer vorgegebenen Zahl gehalten wird. Auf diese Weise vermeidet man Meßfehler, die auf eine Frequenzänderung des Oszillators unabhängig von einer Steilheitsänderung der Sägezahnspannung zurückgehen.

Damit es gelingt, die Frequenz des Impulsgenerators auf die Steilheit der Sägezahnspannung zu beziehen, muß der Oszillator des Impulsgenerators spannungssteuerbar sein oder allgemein in seiner Frequenz beeinflußt werden können, so daß quartzgesteuerte Oszillatoren nicht verwendet werden können.

Bekannt ist weiterhin aus der DE-OS 21 64 227 ein Analog-Digitalwandler, der mit einer konstanten Zählfrequenz arbeitet und daher einen quartzgesteuerten Oszillator verwenden kann und bei dem dem Sägezahngenerator, der die dem Meßwert entgegengesetzte Sägezahnspannung erzeugt, eine analoge Speicherschaltung zugeordnet ist, die am Ende jedes Zählvorganges bzw. am Ende der Meßphase bei Abweichung des dann erreichten Sägezahnspannungspotentials von einer vorgegebenen Referenzspannung entsprechend in ihrer Ladung und damit ihre Ausgangsspannung beeinflußt wird. Nachteilig ist jedoch insgesamt bei den bekannten Analog-Digitalwandlern, daß zwar Möglichkeiten zur Eichung vorgesehen sind, jedoch nicht festgestellt werden kann, ob zu einem gegebenen Zeitpunkt der Analog-Digitalwandler innerhalb eines noch tragbaren Toleranzbereiches in seiner Genauigkeit liegt oder unter Umständen völlig falsche Ausgangswerte anzeigt.

Da für besondere Anwendungsfälle, beispielsweise im Bereich des Abwiegens von Gütern dann, wenn allgemein elektronisch gearbeitet wird, eine Analog-Digitalwandlung höchster Präzision erforderlich ist, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Nacheichung und Genauigkeitsüberprüfung bei einem Analog-Digitalwandler zu schaffen, welches sich einfach durchführen läßt und bei dem es möglich ist, den noch zulässigen Toleranzbereich vorzugeben und wiederholt zu ermitteln, ob der Analog-Digitalwandler sich innerhalb dieses Toleranzbereiches befindet.

Zur Lösung dieser Aufgabe geht die Erfindung aus von dem eingangs genannten Verfahren und besteht erfindungsgemäß aus den Merkmalen des Anspruchs 1.

Bei der Erfindung ist besonders vorteilhaft, daß es nicht erforderlich ist, zur Genauigkeitsüberprüfung eines Analog-Digitalwandlers dem Meßeingang eine bekannte Eingangsspannung zuzuführen und das Ergebnis in der Weise auszuwerten, ob die möglicherweise vorhandenen Abweichungen noch innerhalb eines akzeptierbaren Toleranzbereiches liegen, sondern die

Erfindung löst intern in Verbindung mit der jeweiligen, jeder Meßphase folgenden Eichphase auch die Toleranzbereichsüberprüfung aus und benutzt dabei in vorteilhafter Weise die Bezugsspannungen, die dem Analog-Digitalwandler zur Eichung ohnehin zur Verfügung stehen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die nachfolgende Beschreibung erläutert an Hand der Zeichnung Aufbau und Wirkungsweise des Anmeldungsgegenstandes im einzelnen. Dabei zeigt

Fig. 1 eine, zum Teil detailliert ausgebildete Schaltungsanordnung eines Analog-Digitalwandlers, die das erfindungsgemäße System zur Genauigkeitsüberprüfung und Eichung umfaßt, und

Fig. 2 zeigt die bei dem Analog-Digitalwandler der Fig. 1 während Meßphase und Eichphase auftretenden Spannungs- und Kurvenverläufe an verschiedenen Schaltungspunkten.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß sich das erfindungsgemäße System besonders gut als Ergänzung und Verbesserung des in der DE-OS 21 64 227 beschriebenen Analog-Digitalwandlers eignet.

Bevor auf den eigentlichen Eichvorgang genauer eingegangen wird, erscheint es zum besseren Verständnis zweckmäßig, den grundlegenden Aufbau und die grundlegende Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Systems anhand der prinzipiellen Schaltungsdarstellung der Fig. 1 und der Funktionsverläufe der Fig. 2 im einzelnen kurz zu erläutern. Zunächst wird auf die Meßphase eingegangen.

Zur Messung der unbekannten Spannung U_x , die auf beliebige Weise erzeugt werden kann und die als analoge Spannung der Eingangsklemme 1 der Schaltung der Fig. 1 zugeführt wird, wird der Schalter S3 geschlossen, so daß diese Spannung über einen Widerstand 2 zum Schaltungspunkt P1 gelangt. Über den Widerstand 3 wird der unbekannten Meßspannung U_x , eine von einem Sägezahngenerator 4 erzeugte Sägezahnspannung entgegengeschaltet; der Sägezahngenerator 4 ist in üblicher Weise ein über einen Kondensator 5 rückgekoppelter Operationsverstärker und arbeitet als Integrator. Der Schaltungspunkt P1 ist mit dem einen Eingang eines Vergleichers oder Komparators 6 verbunden, der entsprechend hoch empfindlich ausgebildet ist und die Koinzidenz der beiden am Schaltungspunkt P1 anliegenden Spannungen mit hoher Genauigkeit feststellt.

Vor Beginn der Meßphase wird zunächst der Sägezahngenerator 4 durch Schließen des Schalters S5 mit einer Spannungsklemme geeigneten Vorzeichens verbunden und auf einen oberen Anschlag hochgefahren. Von diesem Anschlag integriert dann der Integrator 4 nach unten und erzeugt den in Fig. 2 mit U_c bezeichneten, strichpunktirt angegebenen Spannungsverlauf, der zwischen den beiden Bezugsspannungen $+U_{ref}$ und $-U_{ref}$ linear verläuft.

Zunächst erfolgt jedoch noch eine Festlegung des oberen Integratorspannungsausgangswertes und damit des Zeitpunktes, an welchem der zum Sägezahngenerator 4 parallellaufende Zähler seinen Zählvorgang beginnt. Der Vorwärts-Rückwärtszähler 7 in Fig. 1 steht zu Beginn der Meßphase auf seinem maximalen Zählerstandswert, den er in der vorhergehenden Meßphase erreicht und in der darauffolgenden Eichphase beibehalten hat. Zur Festlegung des Zeitpunktes t_1 (effektiver Meßphasenbeginn und Zählbeginn des Zählers 7) wird von einem in Fig. 1 allgemein mit dem

Bezugszeichen 8 bezeichneten Steuerwerk, welches neben den angegebenen Schaltungskomponenten noch weitere, einen geordneten Ablauf des Gesamtsystems bewirkende Schaltungskomponenten enthält, auf die jedoch nicht im einzelnen eingegangen zu werden braucht, der Schalter $S5$ wieder geöffnet und bei geöffnetem Schalter $S3$ zunächst über den dann geschlossenen Schalter $S2$ die negative Referenzspannung $-U_{ref}$ über den Widerstand 2 der Integratorausgangsspannung entgegengeschaltet. Der Spannungsverlauf an Punkt $P2$ ist durch die jeweils zwischen zwei Strichen zwei Punkte aufweisende und mit U_A in Fig. 2 bezeichnete Spannung gekennzeichnet; diese Spannung entspricht in der eigentlichen Meßphase der unbekannten Meßspannung U_x . Mit dicker Linie schwarz durchgezogen ist die am Schaltungspunkt $P1$ anliegende Spannung U_V , die gleichzeitig die Eingangsspannung für den Komparator 6 darstellt. Wie ersichtlich, ist die negative Referenzspannung $-U_{ref}$ zunächst negativ kleiner als die von positiven Spannungswerten nach unten integrierende Sägezahnangsspannung U_i . Der Integrator oder Sägezahn-generator 4 läuft daher vom Zeitpunkt t_0 bis zum Zeitpunkt t_1 , zu welchem Zeitpunkt die Eingangsspannung des Komparators 6 zu Null wird. Dadurch ändert sich die Ausgangsspannung des Komparators, und über die Leitung 10 gelangt ein entsprechender Befehl an das Steuerwerk 8, welches daraufhin mit Hilfe geläufiger Schaltungselemente, beispielsweise Kippschaltungen, Gatterschaltungen u. dgl., auf die nicht weiter eingegangen zu werden braucht, und über die Leitung 11 die von einem Oszillator oder Taktgenerator 12 stammenden Zählimpulse freigibt und deren Zuführung über die Leitung 13 zum Vorwärts-Rückwärtszähler 7 veranlaßt. Gleichzeitig wird zum Zeitpunkt t_1 der Schalter $S2$ wieder geöffnet und der Schalter $S3$ geschlossen, so daß die Spannung am Schaltungspunkt $P2$ nunmehr den Wert der unbekannten Meßspannung U_x annimmt.

Wie aus dem Funktionsdiagramm der Fig. 2 ersichtlich, ist ein solcher Analog-Digitalwandler so ausgelegt, daß innerhalb bestimmter Grenzen beliebige positive und negative unbekannte Eingangsspannungen gemessen werden können; es ist selbstverständlich möglich, ein solches System auch so auszulegen, daß beispielsweise nur positive Eingangsmeßspannungen oder nur Eingangsmeßspannungen gemessen werden, die nur um einen bestimmten Prozentwert negativ werden können.

Ab dem Zeitpunkt t_1 laufen der Integrator 4 und der Zähler 7 von ihren Extremwerten (d. h. vom Zählerstand n_{max} bzw. von der der negativen Referenzspannung $-U_{ref}$ entgegengesetzt gleichen Ausgangsintegratorspannung U_d) rückwärts gegen Null, wobei der Zählerstand zu jedem Augenblick ein Maß für die Ausgangsspannung U_i des Sägezahn-generators 4 ist. Durchlaufen Zähler 7 und Sägezahn-generator 4 den Wert Null, was dann der Fall ist, wenn dem Analog-Digitalwandler eine positive unbekannte Eingangsmeßspannung U_x zugeführt ist, denn, wie ersichtlich, ist bei negativen Meßspannungswerten die Meßspannung noch vor dem Zählerstand Null entgegengesetzt identisch der Integratorausgangsspannung $-$, dann zählt der Zähler 7 automatisch nunmehr aufwärts, wobei durch geeignete Mittel, die das Durchlaufen des Zählerstands Null feststellen, auch das Vorzeichen der Eingangsmeßspannung ermittelt und angegeben werden kann.

Ist dann schließlich zum Zeitpunkt t_2 die Meßspannung U_x positiv gleich der negativen Sägezahnspannung

U_A , dann durchläuft die Eingangsspannung U_x des Komparators 6 den Wert Null und der Komparator veranlaßt das Steuerwerk 8, daß der momentane Zählerinhalt zu diesem Zeitpunkt auf den Speicher 16 übertragen wird, was durch einen geeigneten, vom Steuerwerk 8 erzeugten Schiebeeimpuls auf der Leitung 15 geschehen kann. Im Speicher ergibt sich dann ein Zählerstand, der dem Wert der zu messenden Spannung U_x entspricht.

Nach Übernahme des Zählerinhalts in dem nachgeschalteten Speicher 16 laufen jedoch, wie Fig. 2 zeigt, unabhängig von der Auslösung des Schiebeeimpulses durch den Komparator 6 Zähler und Integrator weiter, bis der Zähler seinen extremen Zählerstand n_{max} erreicht hat.

Dieser maximale Zählerstand des Zählers 7 muß auf den Wert der vom Sägezahn-generator 4 zu diesem Zeitpunkt erreichten Ausgangsspannung bezogen sein, denn nur wenn hier die Korrelation präzise aufrechterhalten bleibt und auch nicht auswandert, ist die Genauigkeit der Analog-Digitalwandlung überhaupt gesichert. Der erreichte Endwert der Integratorausgangsspannung bestimmt sich jedoch durch die Spannung, die von einer mit dem Bezugszeichen 20 versehenen Speicherschaltung dem Sägezahn-generator 4 als zu integrierende Eingangsspannung zugeführt wird. Je nach Größe dieser zu integrierenden Spannung ergeben sich Steilheit und erreichter Endwert der Sägezahn-generator-Ausgangsspannung und die Nach-eichung bzw. Anpassung der Sägezahnspannung an den Zählerstand erfolgt dann auch durch entsprechende Beeinflussung der Spannung in der Speicherschaltung 20.

Grundsätzlich leitet der Vorwärts-Rückwärtszähler 7 bei Erreichen seines maximalen Zählerstandes die Eichphase ein, die bei der Betrachtung der Erfindung von wesentlicher Bedeutung ist. Diese Eichung erfolgt dann allgemein so, daß, veranlaßt durch ein entsprechendes Ausgangssignal des Zählers 7, welches leicht durch Abnahme einer Spannung an der letzten Zählerstelle gewonnen werden kann, zur Eichung dem beim maximalen Zählerstand n_{max} erreichten Endwert der festgehaltenen Ausgangsspannung des Sägezahn-generators 4 durch Schließen des Schalters $S1$ die positive Referenzspannung $+U_{ref}$ entgegengeschaltet wird. Stimmen diese Spannungen überein, führt die Komparatormeldung zu keiner Nachregelung; ergibt sich eine Differenz, dann beeinflußt der Komparator 6 die Speicherschaltung 20 derart, daß für den oder die nächsten Meßzyklen durch Änderung der gespeicherten, vom Sägezahn-generator 4 zu integrierenden Spannung die Ausgangsspannung des Sägezahn-generators 4 so angepaßt wird, daß keine Abweichung mehr festgestellt werden kann.

Dies bedeutet jedoch nicht, daß nicht eine Messung auch bei fehlender Übereinstimmung möglich ist und die Erfindung schlägt Maßnahmen vor, wie eine einwandfreie Überprüfung und Eichung eines solchen Analog-Digitalwandlers ohne größeren Aufwand möglich ist. An sich könnte ein solcher Analog-Digitalwandler dadurch geeicht werden, daß man, beispielsweise in periodischen Abständen, als unbekannte Meßspannung an der Eingangsklemme 1 eine bekannte Referenzspannung aufschaltet, die dann ein ganz bestimmtes Ausgangszählersignal hervorrufen muß, welches nur innerhalb enger Toleranzen, beispielsweise jeweils zwei Zählschritte nach oben oder unten bei einem Zählerstand von 10 000, hiervon abweichen darf. Eine

verblüffende Lösung einer solchen Nacheichung ergibt sich jedoch wenn entsprechend einer erfindungsgemäßen Maßnahme so vorgegangen wird, daß die ohnehin am Ende jedes Meßvorgangs vorgenommene Aufschaltung der positiven Referenzspannung U_{ref} (was der Nachschaltung der Speicherschaltung 20 dient) dazu ausgenutzt wird, gleichzeitig den Eichzustand des Analog-Digitalwandlers überhaupt und sein Genauigkeitsverhalten festzustellen.

Läßt man nämlich nach Erreichen des maximalen Zählerstandes n_{max} die Integratorspannung, d.h. die Ausgangsspannung des Sägezahngenerators 4 weiterlaufen und schaltet man zu diesem Zeitpunkt, wie schon erwähnt, die Referenzspannung auf und gibt man gleichzeitig einen sich aus den Toleranzbedingungen bestimmenden minimalen Zeitraum vor, innerhalb welchem Integrator- oder Sägezahngenerator-Ausgangsspannung und Referenzspannung einander entgegengesetzt gleich sein müssen, dann ist sichergestellt, daß die Präzision des Systems dann innerhalb des Toleranzbereiches liegt, wenn die Gleichheit von Referenzspannung und Integratorspannung im vorgegebenen Zeitintervall liegt, dessen Dauer sich durch einen von dem Steuerwerk 8 erzeugten Regelimpuls 22 bestimmt, der in Fig. 2 eingezeichnet ist. Dieser Regelimpuls 22 kann mindestens mittelbar von der Frequenz des Taktgenerators 12 abgeleitet sein, dessen Zählimpulsfolge streng proportional zum Anstieg der Sägezahnspannung verlaufen muß. Diese Erzwingung der Synchronität zwischen Oszillatorfrequenz des Taktgenerators (die ohne weiteres und mit bekannten Schaltungsanordnungen je nach Wunsch herabgesetzt werden kann) und dem Verlauf der Sägezahnspannung ist der Hauptgrund für das Vorhandensein der Speicherschaltung 20 und die Verwendung der erwähnten Referenzspannungen. Durch die Eichphase am Ende jedes Meßvorganges wird die Sägezahnspannung oder Rampenspannung der Oszillatorfrequenz angeglichen und in der Eichphase wird auch in entsprechender Weise, wie weiter unten noch ausführlich geschildert, auf die Speicherschaltung 20 eingewirkt, die die von dem Sägezahngenerator 4 aufzuintegrierende Spannung bereitstellt.

Es versteht sich, daß entgegen dem Kurvenverlauf der Fig. 2 die von dem Integrator erzeugte Sägezahnspannung auch von unten nach oben ansteigend verlaufen kann; dies sind lediglich Umkehrungen der vorhandenen Schaltungsmöglichkeiten. Auch die Ausübung der Schaltfunktionen vom Steuerwerk 8, insbesondere in der Meßphase (auf die Eichphase wird gleich noch eingegangen) sind im einfachsten Fall durch gattergesteuerte Schaltungssysteme vorzunehmen.

Der Darstellung der Fig. 2 läßt sich entnehmen, daß der Regelimpuls 22, dessen Dauer die Breite der noch akzeptierbaren Toleranz bezüglich der Genauigkeit des Analog-Digitalwandlers vorgibt, einen vergleichsweise sehr kurzen zeitlichen Abstand zum Zeitpunkt t_3 aufweist, zu welchem der Zähler 7 seinen maximalen Endstand erreicht und durch ein entsprechend gattergesteuertes Schaltsignal der Schalter S_1 geschlossen und damit die positive Referenzspannung aufgeschaltet ist. Dieser zeitliche Abstand $\Delta \tau$ ist zweckmäßig, damit Einschwingvorgänge, die beim Aufschalten dieser Referenzspannung entstehen können, abgeklungen sind, bevor der Koinzidenzvergleich mit der Sägezahnspannung vorgenommen wird.

Ein mögliches Ausführungsbeispiel für diesen wesentlichen Eichphasenabschnitt wird im folgenden im

einzelnen erläutert; es versteht sich aber, daß die Erzeugung des Schalt- oder Regelimpulses 22 und die Abtastung der sich innerhalb des hierdurch vorgegebenen Zeitraums ändernden Spannungsverhältnisse am Ausgang des Komparators 6 auch durch andere, geeignete Schaltmittel vorgenommen werden können.

Sobald der Zähler 7 seinen maximalen Endstand n_{max} erreicht hat, wird über die Leitung 22 dem Steuerwerk 8 ein entsprechender Impuls zugeleitet, der beispielsweise durch das Hochgehen auch der letzten Stelle des Zählers 7 erzeugt werden kann.

Dieser Impuls, der durch eine entsprechende Gattersteuerung auch die Zuführung weiterer Zählimpulse zum Zähler 7 unterbrechen kann, steuert eine bistabile Kippstufe 23 an, an deren Ausgang ein sogenannter ME (Meßphase Ende)-Impuls erzeugt wird. Dieses ME-Signal gibt einen nachgeschalteten Taktgenerator 24 frei, der eine Anzahl von Zähltakten, beispielsweise 10 Zählakte, an einen entschlüsselten Dekadenzähler 25 liefert. Bei einem solchen entschlüsselten Dekadenzähler kann es sich beispielsweise um einen sogenannten »Johnson«-Zähler handeln, der so verschlüsselt ist, daß im zyklischen Ablauf an beispielsweise zehn seiner Ausgangsanschlüsse jeweils für einen bestimmten Zeitraum hohes Potential bzw. der Zustand $\log 1$ vorliegt. Ein von einem solchen entschlüsselten Dekadenzähler 25 zur Verfügung gestellter zeitlicher Ablauf wird ausgenutzt, um die einzelnen Schaltfunktionen zu erzeugen. Der erwähnte Schalt- oder Regelimpuls 22 wird am Ausgang des UND-Gatters 26 erzeugt und gelangt auf ein nachgeschaltetes bistabiles Flipflop (D-Flipflop) 27 sowie zum Eingang eines Schalters S_6 , der bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel als Feldeffekttransistor ausgebildet ist und den Ausgang des Komparators 6 mit dem Eingang 28 der Speicherschaltung 20 verbindet. Die Erzeugung des Regelimpulses 22 erfolgt durch Verknüpfung des zu einem geeigneten Zeitpunkt hochgehenden Ausgangssignals eines der Ausgänge des entschlüsselten Dekadenzählers 25 (hier abgenommen am Ausgang 0) mit dem Zähltakt des Taktgenerators 24. An sich ist diese Verknüpfung nicht unbedingt notwendig, beim vorliegenden Ausführungsbeispiel wurde sie deshalb gewählt, damit in Relation zu den anderen zeitlichen Abläufen die effektive Dauer des Regelimpulses 22 0,35 msec betragen soll. Diese Dauer läßt sich durch die angegebene Verknüpfung erreichen. Für den Fachmann versteht es sich aber, daß ein solcher Schaltimpuls durch geeignete Schaltmittel nach Erreichen eines maximalen Zählerstandes auch in anderer Weise erzeugt und ausgewertet werden kann.

Der Regelimpuls 22 geht auf den »D«-Eingang des Überwachungs-Flipflops 27, nachdem dieses durch die entschlüsselte Neun am Dekadenzähler 25 am Ende jeder Eichphase gesetzt worden ist.

Andererseits ist der Komparator 6 so ausgebildet und läßt sich auch der Darstellung der Fig. 2 entnehmen, daß dieser sein Ausgangspotential dann, wenn die hinzugeführte Eingangsspannung den Nullpegel durchläuft, schlagartig ändert, beim Ausführungsbeispiel von einer negativen Spannung in eine entsprechende positive Spannung. Trifft nun dieser Änderungsimpuls in dem Zeitraum ein, während welchem vom Gatter 26 am Flipflop 27 der Schaltimpuls anliegt, dann wird der Schaltimpuls vom Flipflop 27 übernommen, und es kommt zu einer Änderung des Ausgangspotentials des Flipflops 27, welches in entsprechender Weise ausgewertet wird und welches gleichzeitig angibt, daß

Synchronisation des Analog-Digitalwandlers vorliegt, da die Sägezahnspannung nach Erreichen des maximalen Zählerstandes innerhalb eines vorgegebenen Toleranzzeitraums entgegengesetzt identisch zur aufgeschalteten Referenzspannung ist.

Die Auswertung der Umschaltung des Flipflops 27 kann in beliebiger Weise geschehen, beispielsweise bewirkt bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel die Umschaltung des Leitendwerdens eines nachgeschalteten Transistors 30, so daß eine über einen Widerstand 31 mit dem Kollektor des Transistors 30 verbundene Leuchtdiode 32 aufleuchtet und die einwandfreie Eichung und Betriebsbereitschaft des Geräts anzeigt. In entsprechender Weise läßt sich das Ausgangssignal weiter ausnutzen zur Sperrung des Betriebsablaufs oder der Meßphase so lange, bis schließlich Synchronisation erreicht ist und/oder zur Anzeige eines Überlast- bzw. nicht betriebsbereiten Zustands.

Im Idealfall durchläuft somit, wie Fig. 2 zeigt, die entgegengesetzte Bezugsspannung $+U_{ref}$ den Regelimpuls in dessen zeitlicher Mitte was dadurch zum Ausdruck kommt, daß der Eingang des Komparators 6 während der ersten Hälfte des Regelimpulses 22 hoch und während der zweiten Hälfte niedrig liegt, mit einer entsprechenden, umgekehrten Potentialverteilung am Komparatorausgang, wobei jedoch der Komparatorausgang beim Durchlaufen des eingangsmäßigen Nullpotentials ausgangsmäßig ein Sprungfunktionsverhalten zeigt.

Der Ausgang des Komparators 6 ist über die Verbindungsleitung 35 und den schon erwähnten Schalter S6 mit dem Eingang der Speicherschaltung 20 verbunden, die in vorteilhafter Weise als Integrator, bestehend aus einem Operationsverstärker mit einem über Eingang und Ausgang geschalteten Kondensator 36 ausgebildet ist. Liegt die Ausgangssprungfunktion oder der Umschaltzeitpunkt des Komparators 6 genau in der Mitte des Regelimpulses 22, der über die Leitung 37 auch den Schalter S6 steuert, der das Ausgangspotential des Komparators mit dem Eingang der Speicherschaltung 20 verbindet, dann ist ersichtlich, daß der Integrator die von ihm für den nachgeschalteten Sägezahngenerator 4 bereitgestellte Spannung nicht ändert, da er in gleichem Maße abwärts und aufwärts integriert hat. Verschiebt sich der Nulldurchgang des Komparators 6 innerhalb des vorgegebenen Toleranzzeitraums, dann ändert sich entsprechend (weil nunmehr entweder das negative oder das positive Potential am Eingang des integrierenden Speichers 20 länger anhält) in entsprechender Weise, und zwar um so stärker, je stärker der Nulldurchgang aus der Mitte der Regelsignaldauer heraus verschoben ist. Dieser Schaltungsteil wirkt daher wie ein Proportionalregler und führt die Synchronisation und den Gleichlauf der den Analog-Digitalwandler bildenden Komponenten um so eher herbei, je stärker die jeweilige Abweichung ist. Liegt der Nulldurchgang dann außerhalb des vorgegebenen Toleranzzeitraums (entsprechend Dauer des Regelimpulses 22), dann ist der Analog-Digitalwandler, wie beschrieben, nicht im Betrieb; er erreicht jedoch seine Betriebsbereitschaft innerhalb weniger Zyklen, und zwar nicht zuletzt wegen des Proportionalverhaltens beim Ausregeln der Abweichung. Zusammengefaßt läßt sich feststellen, daß die Überwachung auf Einhaltung der Synchronisation und Eichung im wesentlichen digital erfolgt, während die Nachregelung und die Beeinflussung der Speicherschaltung 20 über eine Analogregelung durchgeführt wird.

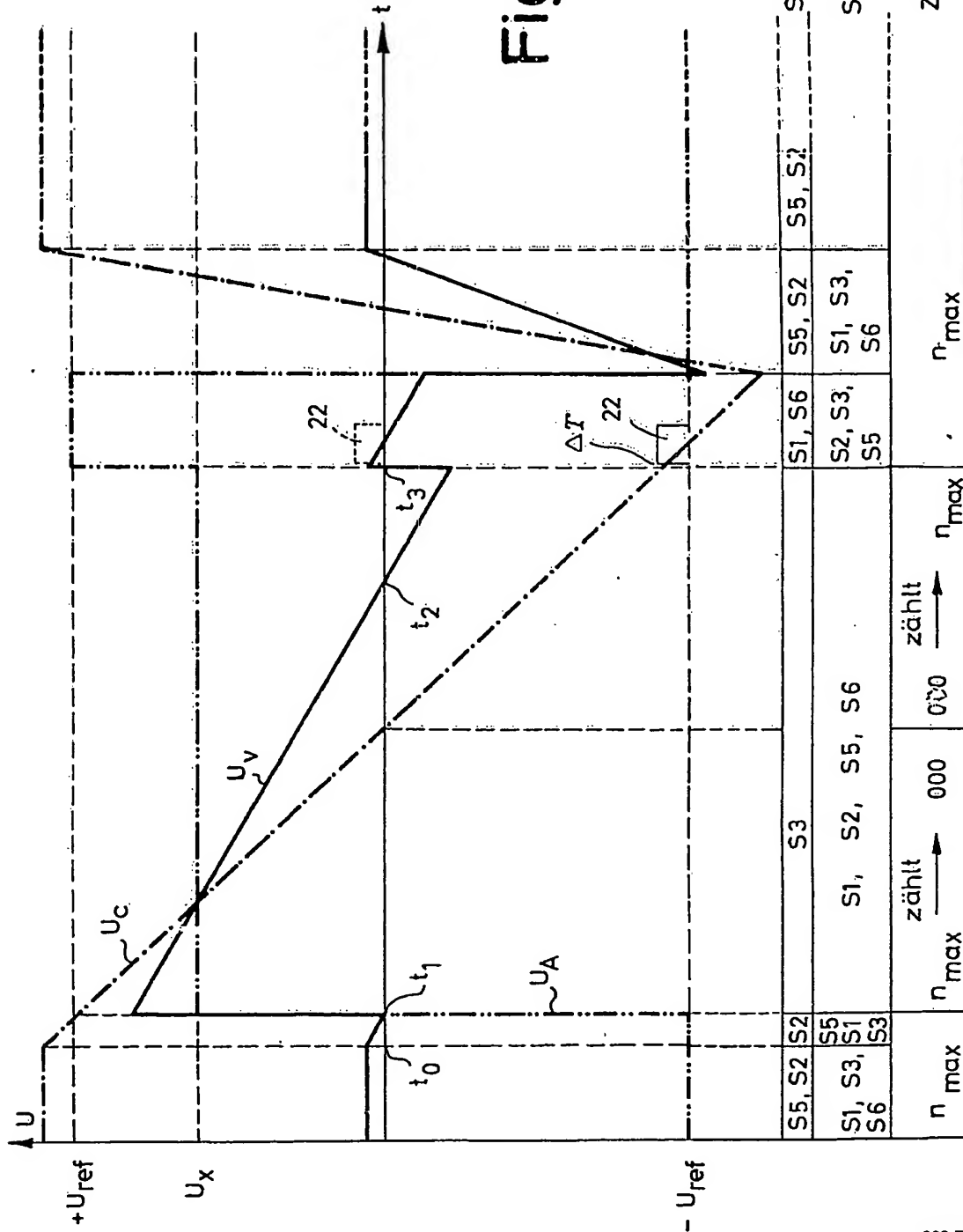
Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 erfolgt die Rücksetzung des ersten Flipflops 23 in der Schaltungsreihe durch den über die RC-Kombination 40, 41 differenzierten Impuls am Ausgang der entschlüsselten Null des Dekadenzählers 35, wodurch das Flipflop 23 wieder auf die Stellung »Messen« umgeschaltet und die Eichphase beendet wird. In der Darstellung der Fig. 2 läuft die integrierte Ausgangsspannung des Sägezahngenerators 4 weiter, bis beispielsweise durch einen anderen Schaltimpuls die Schalter S5 und S3 geschlossen und damit wieder der eingangs schon erwähnte Potentialverteilungszustand wiederhergestellt wird. Unterhalb der Darstellung des Kurvenverlaufs der Fig. 2 sind noch einige Angaben hinsichtlich der Schalterstellung der insgesamt vorhandenen Schalter S1 bis S6 gemacht, es versteht sich, daß auch die restlichen Schalter, soweit erforderlich, durch entsprechende Halbleiterschalt Elemente, beispielsweise Feldeffekttransistoren ersetzt werden können. Durch ein geeignetes Schaltsignal des Steuerwerks 8 wird über einen Feldeffekttransistor 42 der Integrator in seine Startposition für die nächste Meßphase gebracht. Dieses Schaltsignal kann beispielsweise durch Verbinden eines geeigneten, im geeigneten zeitlichen Rasterabstand liegenden Ausgangspotentials des entschlüsselten Dekadenzählers 25 mit der Leitung 43 erfolgen, wie überhaupt die Ausgänge des entschlüsselten Dekadenzählers 25 auch für die Durchführung sonstiger erforderlicher Schaltfunktionen herangezogen werden können. Die Rückstellung des ersten Flipflops 23 auf die Position »Messen« führt ebenfalls zu einem Ausgangssignal, welches durch den Pfeil 44 angedeutet ist und welches beispielsweise zur Durchführung entsprechender Schaltfunktionen, etwa Schließen der Schalter S2 und S5, verwendet werden kann.

Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet eines solchen Analog-Digitalwandlers liegt auf dem Gebiet des Wiegens; dabei wird der Eingangsklemme 1 eine unbekannte, einem unbekannten Gewicht proportionale Spannung zugeführt und die Gewichtsanzeige kann mit hoher Präzision in Sekundenschnelle erfolgen.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung besteht dann darin, daß zur Gewichtsbestimmung eine Brückenschaltung verwendet wird, deren eines Glied beispielsweise über einen druckempfindlichen Sensor oder Widerstand verfügt und dem unbekannten Gewicht ausgesetzt wird. Speist man diese Brücke mit einer geeigneten Bezugsspannung, wobei beispielsweise die ohnehin schon vorhandenen Referenzspannungen verwendet werden können, dann erhöht sich die Genauigkeit des Systems weiter, da die Referenzspannungen ja gleichzeitig auch der Eichung und Synchronisation dienen.

Schließlich sei darauf hingewiesen, daß die in der Eichphase wirksam werdenden Schaltungskomponenten innerhalb des Steuerwerks 8 lediglich ein mögliches Ausführungsbeispiel darstellen; so ist es beispielsweise denkbar, daß durch ein geeignetes, beispielsweise monostabiles Schaltungselement, welches nach Beendigung des Zählvorgangs des Hauptzählers 7 angestoßen wird, ein Impuls einstellbarer Länge erzeugt und einer Gatterschaltung zugeführt wird, deren anderer Eingang mit dem Ausgang des Komparators 6 verbunden ist, und die so ausgebildet ist, daß nur bei gleichzeitigem Vorliegen beider Impulse sonstige Schaltungsvorgänge veranlaßt bzw. die Betriebssicherheit des Gerätes angezeigt wird.

Fig. 2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.